



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 46 199 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 B 7/30**  
G 01 R 33/09  
G 01 R 17/00  
// G 01 B 101:10

⑳ Aktenzeichen: 197 46 199.9  
㉔ Anmeldetag: 18. 10. 97  
㉕ Offenlegungstag: 22. 4. 99

DE 197 46 199 A 1

⑦① Anmelder:  
Institut für Mikrostrukturtechnologie und  
Optoelektronik (IMO) e.V., 35578 Wetzlar, DE

⑦② Erfinder:  
Dettmann, Fritz, Dr., 35586 Wetzlar, DE; Loreit, Uwe,  
35580 Wetzlar, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Magneto-resistiver Winkelsensor, der aus zwei Wheatstonebrücken mit je vier Widerständen besteht

⑤⑦ Magneto-resistiver Winkelsensor, der aus zwei Wheatstonebrücken mit je vier Widerständen besteht.  
Es wird ein magneto-resistiver Sensor beschrieben, der als Ausgangssignal den Wert eines Sinus und eines Kosinus des doppelten Winkels abgibt, den ein Magnetfeld mit einer der Kanten des Schichtträgers des Sensors bildet. Alle Widerstände der beiden Wheatstonebrücken bestehen aus der gleichen Vielzahl von elektrisch in Reihe geschalteten gleichen quadratischen Bereichen von Streifenmäandern. Die jeweils zwei Widerstände jedes Brückenzweiges befinden sich direkt nebeneinander. Der Sensor hat bei vorgegebenem Widerstand eine minimale Chipfläche und gibt auch im inhomogenen Magnetfeld fehlerfreie Winkelwerte an.

DE 197 46 199 A 1

## Beschreibung

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein magnetoresistiver Winkelsensor, der den Winkel zwischen einem anliegenden Magnetfeld und einer Kante des Schichtträgers des Winkelsensors bestimmt. Eingesetzt werden solche Winkelsensoren in der Winkel- und Positionsmessung.

Magnetoresistive Winkelsensoren sind bereits bekannt. So wird in der Patentschrift DE 195 21 617 ein Sensorchip zur Bestimmung eines Sinus- und eines Kosinuswertes des Winkels sowie seine Verwendung zum Messen eines Winkels und einer Position beschrieben. Sowohl der Sinuswert als auch der Kosinuswert des doppelten Winkels werden als Ausgangssignale von Wheatstonebrücken erhalten. Die Widerstände der beiden Wheatstonebrücken bestehen aus einer Vielzahl von magnetoresistiven Schichtelementen mit Stromanschlüssen aus hochleitfähigen Dünnschichtflächen. Da die hochleitfähigen Dünnschichtflächen einen wesentlichen Teil der magnetoresistiven Schichtelemente abdecken, wird der Widerstandswert der magnetoresistiven Schichtelemente begrenzt. Deshalb muß für einen bestimmten Widerstandswert der beiden Wheatstonebrücken eine größere Zahl von magnetoresistiven Schichtelementen vorhanden sein. Das erfordert jedoch eine größere Fläche für den Sensorchip. Die Kosten für einen Sensorchip sind aber proportional zu seiner Fläche. Darüber hinaus erfordert ein größerer Sensorchip in einer kompletten Winkelsensoranordnung auch einen größeren Magneten, womit weitere höhere Kosten verbunden sind. Weiterhin kann ein Sensor mit einer größeren Fläche die örtlich vorhandene Magnetfeldrichtung nur mit einer schlechteren Ortsauflösung angeben, wodurch sein Einsatz auf Magnetpolränder oder lineare Maßstäbe mit größerer Periodenlänge beschränkt wird.

Magnetoresistive Winkelsensoren nach der Patentschrift DE 43 17 512 oder dem Aufsatz von A. Petersen "Berührungslose Winkelmessung" in Design & Elektronik Sensortechnik, Mai 1995, S. 64-66 nutzen zwar lange Streifen aus magnetoresistiven Schichten, jedoch sind die unterschiedlichen Widerstände der beiden Wheatstonebrücken rosettenförmig um das Zentrum des Sensorchips herum angeordnet. Bei diesen Anordnungen ist eine weitgehende Belegung der Sensorfläche mit magnetoresistiven Schichtstreifen durch die unterschiedlichen Winkel zwischen ihnen ebenfalls nicht möglich und die Nachteile, die sich aus einer zu großen Fläche des Sensorchips ergeben, sind auch in diesen beiden Anordnungen vorhanden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Anordnung von magnetoresistiven Winkelsensoren mit zwei Wheatstonebrücken anzugeben, die es ermöglicht, bei Vorhandensein eines bestimmten Widerstandswertes mit einer minimalen Fläche des Sensorchips auszukommen.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 beschriebene Anordnung erfüllt. Alle Widerstände der beiden Wheatstonebrücken bestehen aus einer Vielzahl elektrisch in Reihe geschalteter quadratischer Bereiche von Streifenmäandern. Die quadratischen Bereiche von Streifenmäandern der beiden Widerstände jedes Brückenzeiges befinden sich jeweils direkt nebeneinander. Da die Streifenlängsrichtung in den Bereichen der zum gleichen Brückenzeig gehörenden Widerstände um 90° gegeneinander gedreht ist, bleiben dazwischen keine freien Flächen. Zwischen den Bereichen der Wheatstonebrücke, deren Ausgang dem Sinus des Winkels entspricht und den Bereichen der Wheatstonebrücke, deren Ausgang dem Kosinus entspricht, ist eine Verdrehung von 45° vorhanden. Durch die Aufteilung in eine Vielzahl von rechteckigen Bereichen von Streifenmäandern wird erreicht, daß auch zwischen diesen um 45° gegeneinander verdrehten Bereichen nur ein Minimum an freier Fläche auf

dem Schichtträger bleibt. Damit ist eine fast vollständige Belegung der Fläche des Schichtträgers mit Schichtstreifen und die Realisierung eines bestimmten Widerstandes der beiden Wheatstonebrücken auf der kleinsten möglichen Fläche gegeben.

Mit dem Anordnen der jeweils beiden Widerstände jedes Zweiges der Wheatstonebrücken in direkter Nachbarschaft und durch die Aufteilung der Widerstände auf eine Vielzahl von gleichen Bereichen sind die Widerstandswerte der jeweils beiden Widerstände mit nur sehr geringer Abweichung voneinander gleich. Damit weisen die Wheatstonebrücken nur geringe Offsetspannungen auf. Diese können durch Trimmen von einfach strukturierten Abgleichflächen auf null abgeglichen werden. Dadurch, daß alle Schichtstreifen magnetoresistiven Materials, alle Verbindungsleitungen und alle Anschlußkontakte in einer Ebene liegen, kann der Winkelsensor auf einfache Art ohne Zwischenisolationen gefertigt werden. Die Anordnung der jeweils zwei Brückenzeige in symmetrischen Abständen zur Mittelachse gewährleistet, daß eine Phasenverschiebung zwischen dem Sinus- und dem Kosinuswert des Winkels auch im inhomogenen Magnetfeld nicht auftritt.

Die Erfindung soll im folgenden an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Dazu sind in der zugehörigen Zeichnung in Fig. 1 zwei Wheatstonebrücken zur Erzeugung eines Sinus- und eines Kosinuswertes des zweifachen Wertes des zu bestimmenden Winkels dargestellt. Fig. 2 zeigt die erfindungsgemäße Struktur eines Winkelsensors.

Die Widerstände 3 bis 10 der ersten Wheatstonebrücken 1 und der zweiten Wheatstonebrücke 2 in der Fig. 1 bestehen aus Mäandern von magnetoresistiven Schichtstreifen. An den oberen und unteren gemeinsamen Anschlußkontakt 14 der beiden Wheatstonebrücken 1 und 2 wird die Betriebsspannung für beide Brücken angelegt. Die Längsrichtungen der magnetoresistiven Schichtstreifen bildet unterschiedliche Winkel mit einer Parallelen des rechten Randes des Zeichnungsblattes. In der ersten Wheatstonebrücke 1 sind die Streifenlängsrichtungen um 45° bzw. -45° gegen diese Parallele verdreht. Entsprechend dem Stand der Technik liegt bei dieser Wheatstonebrücke 1 ein Spannungssignal an den Anschlußkontakten 14 für die Ausgangsspannung an, daß dem Sinus des doppelten Winkels eines Magnetfeldes zur Parallelen des rechten Randes des Zeichnungsblattes entspricht. Bei der Wheatstonebrücke 2 sind die Streifen in den Mäandern, die die Widerstände 7 und 10 bilden, parallel zum rechten Rand, die Streifen in den Widerständen 8 und 9 bilden mit der Parallelen zum rechten Rand einen Winkel von 90°. Entsprechend dem Stand der Technik liegt bei dieser Wheatstonebrücke 2 ein Spannungssignal an den Anschlußkontakten 14 für die Ausgangsspannung an, daß dem Kosinus des doppelten Winkels eines Magnetfeldes zur Parallelen des rechten Randes des Zeichnungsblattes entspricht.

Eine erfindungsgemäße Struktur des magnetoresistiven Winkelsensors ist in Fig. 2 dargestellt. Auf einem Schichtträger 12 ist eine Vielzahl von quadratischen Bereichen 13 untergebracht. In den quadratischen Bereichen 13 befinden sich gleiche Mäander von magnetoresistiven Schichtstreifen. Die spezielle Anordnung der gleichen Mäander in den Bereichen 13 ist in der unteren Reihe der Bereiche 13 eingezeichnet. In den übereinander liegenden Bereichen 13 ist diese spezielle Anordnung gleich. Deshalb ist der Einfachheit halber die Lage der Mäander nicht in allen quadratischen Bereichen 13 eingezeichnet.

Wie in Fig. 2 dargestellt, sind die magnetoresistiven Schichtstreifen in den übereinander liegenden quadratischen Bereichen 13 elektrisch in Reihe geschaltet. Zwei solche Reihen von übereinander liegenden quadratischen Bereichen bilden jeweils einen Brückenwiderstand. So bildet die

in der Fig. 2 an der linken Seite befindliche übereinander liegende Reihe von Mäandern in den quadratischen Bereichen 13 mit der direkt links neben der Mittelachse 11 liegenden Reihe einen Widerstand, der entsprechend der Lage des Mäanders in den Bereichen 13 dem Widerstand 4 der in Fig. 1 gezeigten Wheatstonebrücke entspricht. Direkt neben den genannten beiden Reihen ist in den Bereichen die Lage der Mäander so, daß sie der des Widerstandes 3 der Fig. 1 entspricht. Durch die genannten vier Reihen von Mäandern in den Bereichen 13 wird also ein Brückenweig realisiert, der dem in der Fig. 1 links liegenden entspricht. Auf der rechten Seite des Schichtträgers 12 in den um  $45^\circ$  gegen die Kante des Schichtträgers 12 geneigten Bereichen 13 sind entsprechend die Mäander des rechten Brückenweiges der ersten Brücke 1 untergebracht. Die Abstände der Bereiche 13 von der Mittelachse sind dabei symmetrisch. Das gilt auch für die acht Reihen von Bereichen 13, deren Seiten parallel zu den Kanten des Schichtträgers verlaufen und die die Mäander enthalten, die die Widerstände bilden, die den Widerständen der zweiten Brücke 2 in Fig. 1 entsprechen. Alle quadratischen Bereiche 13 haben dieselben Abmessungen. Alle Brückenwiderstände werden durch die gleiche Anzahl von quadratischen Bereichen 13 gebildet. Damit sind alle Brückenwiderstände gleich groß und die verbleibenden, aus Fertigungstoleranzen resultierenden Brückenoffsetspannungen haben nur geringe Werte. Die Auswirkungen von Fertigungstoleranzen werden auch dadurch minimiert, daß die Widerstände jedes Brückenweiges über ihre gesamte Länge direkt nebeneinander liegen. Damit haben Gradienten in der Schichtdicke der magnetoresistiven Schicht und in der Breite der Streifen der Mäander nur noch einen verschwindenden Einfluß. Die magnetoresistiven Schichtstreifen der Mäander, die Verbindungsleitungen und die Anschlußkontakte 14 liegen, wie Fig. 2 zu entnehmen ist, alle in derselben Ebene. Damit erübrigt sich in der Fertigung die Herstellung von Kreuzungen zwischen Leitern verschiedener Ebenen. Die Betriebsspannung der beiden Brücken wird einerseits am mittleren Anschlußkontakt 14 und andererseits an den beiden äußeren Anschlußkontakten 14 angelegt. Die beiderseits neben dem mittleren Anschlußkontakt 14 liegenden Anschlußkontakte 14 stellen den Ausgang der Brücke dar, die den Sinus des doppelten Winkels eines Magnetfeldes zur rechten Kante des Schichtträgers 12 zum Ausgangssignal hat. Die beiden verbleibenden Anschlußkontakte 14 sind für den Ausgang der Brücke, die den entsprechenden Kosinus des doppelten Winkels erzeugt.

#### Patentansprüche

1. Magnetoresistiver Winkelsensor, der aus zwei Wheatstonebrücken (1; 2) mit je vier Widerständen (3 bis 6 und 7 bis 10) besteht, die aus auf einem Schichtträger (12) angeordneten Dünnschichtstreifen magnetoresistiven Materials aufgebaut sind, wobei die erste Wheatstonebrücke (1) ein Ausgangssignal proportional zum Sinus des doppelten Winkels gegen eine der Kanten des Schichtträgers und die zweite Wheatstonebrücke (2) ein Ausgangssignal proportional zum Kosinus des doppelten Winkels abgibt, **dadurch gekennzeichnet**, daß alle Widerstände (3 bis 10) aus der gleichen Vielzahl von elektrisch in Reihe geschalteten gleichen quadratischen Bereichen (13) von Streifenmäandern bestehen, und daß sich die quadratischen Bereiche (13) von Streifenmäandern der jeweils zwei Widerstände (3 und 4; 5 und 6; 7 und 8; 9 und 10) jedes Brückenweiges direkt nebeneinander befinden.
2. Magnetoresistiver Winkelsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweils zwei Brückenweige jeder Wheatstonebrücke in symmetrischen Abständen zur Mittelachse (11) des Schichtträgers (12) angeordnet sind.
3. Magnetoresistiver Winkelsensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß alle Dünnschichtstreifen magnetoresistiven Materials, alle Verbindungsleitungen und alle Anschlußkontakte (14) in einer Schichtebene liegen
4. Magnetoresistiver Winkelsensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zum Abgleich der Offsetspannungen der Wheatstonebrücken (1; 2) auf null Abgleichflächen vorgesehen sind.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

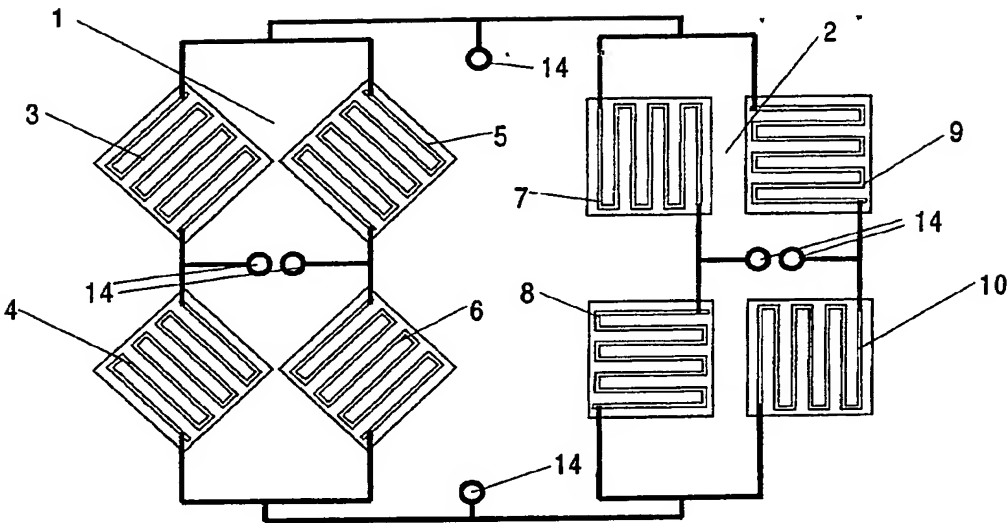


Fig. 1

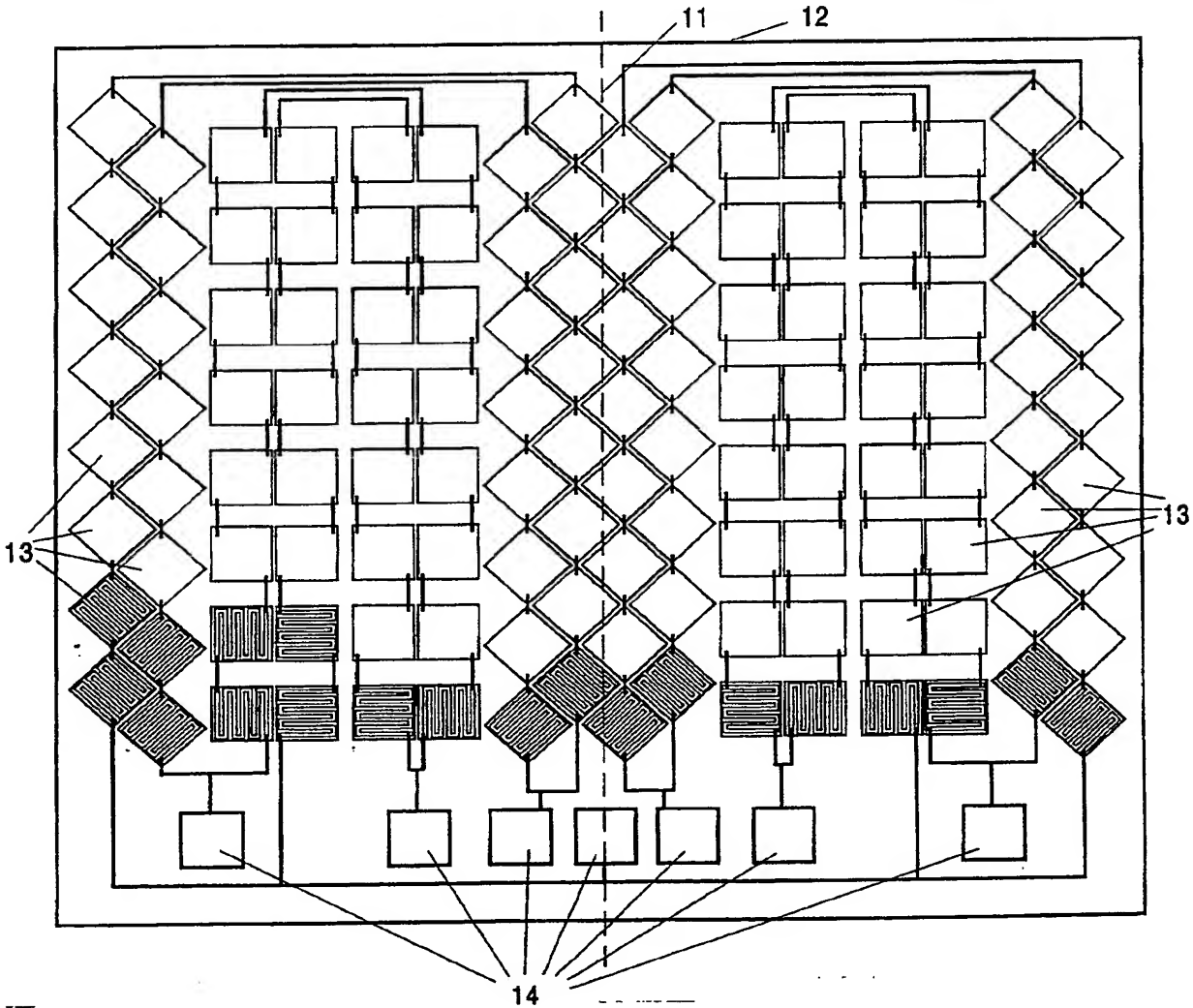


Fig. 2